



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ALEXSANDRA DA SILVA COSTA

**ACOMPANHAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA FORNECIDA
PELA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ (CAGECE)**

MOSSORÓ/RN
2024

ALEXSANDRA DA SILVA COSTA

**ACOMPANHAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA FORNECIDA
PELA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ (CAGECE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Química.

Orientador: Dr. Francisco Wilton Miranda da
Silva

MOSSORÓ/RN
2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C837a Costa, Alessandra da Silva.
ACOMPANHAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA
ÁGUA FORNECIDA PELA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO
CEARÁ (CAGECE) / Alessandra da Silva Costa. -
2024.
50 f. : il.

Orientador: Francisco Wilton Miranda da Silva.
Relatório (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2024.

1. CAGECE. 2. Análises Físico-Químicas . 3.
Índice de Qualidade da Água. I. da Silva,
Francisco Wilton Miranda, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALEXSANDRA DA SILVA COSTA

**ACOMPANHAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA FORNECIDA
PELA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ (CAGECE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Química.

Defendida em: 14 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO WILTON MIRANDA DA SILVA
Data: 04/11/2024 16:21:37-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Francisco Wilton Miranda da Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 MARIA VALERIA DE OLIVEIRA SANTOS
Data: 04/11/2024 16:42:12-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Maria Valéria de Oliveira Santos
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 DARLIANE CRISTINA SOARES DE SOUZA
Data: 04/11/2024 18:40:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Darliane Cristina Soares de Souza
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por colocar o sonho em meu coração e me proporcionar a força necessária para alcançar meus objetivos, mesmo com toda dificuldade nunca me desamparou.

Agradeço aos meus pais Sebastião e Socorro que nunca mediram esforços para me dar sempre o melhor, na medida do possível. As minhas irmãs Amanda e Alana que sonharam comigo e me ajudaram para que a caminhada se tornasse mais leve. A ajuda de vocês foram combustíveis para esse desafio.

Agradeço ao meu marido Johab que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, ajudando e me dando suporte sempre que precisei. Obrigado por nunca ter me deixado desistir de mim.

Agradeço aos meus familiares José Maria Lucena, Danielle e Juliana que me apoiaram e me ensinaram o valor da união e da importância dos estudos.

Agradeço aos meus professores pelos ensinamentos passados, e em especial ao meu orientador, Wilton Miranda, pela confiança e apoio durante os últimos anos de graduação. A professora Mônica Oliveira pela ajuda durando o curso.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilidade.

Agradeço aos amigos de vida, em especial aqueles que a UFERSA me apresentou, João Paulo Souza e Emanuel Ryclyn, que foram meus amigos de estudo durante a graduação. E a Síntesis que me acolheu tão bem.

Agradeço a equipe do UFQA (Marluce, Rayra, Erika, Nayara, Elih, Walber e Marlyde), pela paciência e todos os ensinamentos que me foram passados.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma me auxiliaram nesse caminho, que de alguma forma mesmo sem saberem, me ajudaram a chegar até aqui.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

O controle de qualidade da água é essencial para preservar a saúde pública e o bem-estar da população, uma vez que a água, como solvente universal, pode conter parâmetros, substâncias e microrganismos que representam riscos à segurança humana. Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de realizar o monitoramento do controle de qualidade da água seguindo rigorosamente as seguintes normas: ABNT NBR ISO 9001 e ABNT NBR ISO/IEC 17025. Este estudo foi realizado no contexto do estágio obrigatório, proporcionando uma análise prática das etapas de controle de qualidade utilizadas pela empresa. As certificações foram aplicadas na padronização das operações através do Procedimento Operacional Padrão (POP), calibrações e manutenções de equipamentos, controle da temperatura e auditorias que asseguram os resultados laboratoriais realizados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará. A verificação foi realizada a partir do método quantitativo com as análises físico-químicas dos parâmetros: pH, alumínio, amônia, ferro, manganês, sódio e potássio, fluoreto e condutividade. O método qualitativo foi realizado por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) avaliando os parâmetros de cor e turbidez. A metodologia aplicada apresentou eficiência em relação ao monitoramento do controle de qualidade, através da verificação dos indicadores dentro das conformidades exigidas e reduzindo o tempo de resolução dos critérios em desacordo com a legislação.

Palavras-chave: CAGECE; Análises Físico-Químicas; Índice de Qualidade da Água.

ABSTRACT

Water quality control is essential for preserving public health and the well-being of the population, as water, being a universal solvent, can contain parameters, substances, and microorganisms that pose risks to human safety. This study aims to monitor water quality control by strictly adhering to the following standards: ABNT NBR ISO 9001 and ABNT NBR ISO/IEC 17025. This research was conducted in the context of a mandatory internship, providing a practical analysis of the quality control steps employed by the company. The certifications were applied to standardize operations through Standard Operating Procedures (SOPs), equipment calibrations and maintenance, temperature control, and audits that ensure the reliability of laboratory results conducted by the Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Verification was performed using a quantitative method with physical-chemical analyses of parameters such as pH, aluminum, ammonia, iron, manganese, sodium, potassium, fluoride, and conductivity. The qualitative method was conducted through the Water Quality Index (WQI), which evaluated color and turbidity parameters. The applied methodology demonstrated efficiency in monitoring quality control by verifying indicators within the required compliance standards and reducing the time needed to resolve criteria that do not meet legal requirements.

Keywords: CAGECE; physical-chemical analyses; water quality index.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Indica a faixa de variação da qualidade da água.	17
Quadro 2: Padrões de potabilidade.	19
Quadro 3: Doenças causadas pela má qualidade da água.	25
Quadro 4: Valores permitidos para pHmetro e condutivímetro.	31
Quadro 5: Curva de calibração Fluoreto.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Monitoramento de IQA no Estado do Ceará.....	17
Figura 2: Livro Standard Methods.	19
Figura 3: Fluxograma do processo de análise.	28
Figura 4: Manutenção do pHmetro.....	30
Figura 5: Processo do condutivímetro.....	31
Figura 6: ETA Oeste.....	33
Figura 7: Capacitação fotômetro de chama.	34
Figura 8: Procedimento análise de pH.....	36
Figura 9: Procedimento análise de alumínio.	38
Figura 10: Procedimento análise de ferro.....	40
Figura 11: Análise de ferro.....	41
Figura 12: Procedimento análise de fluoreto.....	42
Figura 13: Procedimento análise de manganês.....	43
Figura 14: Filtragem.	44
Figura 15: Procedimento análise de Sódio e Potássio.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

EDTA Etilenodiaminotetracético

NBR Norma Brasileira

pH Potencial Hidrogeniônico

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO GERAL	15
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA	18
3.1.1 Índice de Qualidade da Água (IQA).....	18
3.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA	20
3.3 ABNT NBR ISO 9001 e ABNT NBR iso/iec 17025.....	20
3.4 PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	21
3.4.1 Parâmetros Físicos.....	21
3.4.1.1 pH.....	23
3.4.1.2 Condutividade.....	24
3.4.1.3 Cor.....	24
3.4.1.4 Turbidez.....	24
3.4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS	23
3.4.2.1 Alumínio.....	25
3.4.2.2 Ferro e Maganez.....	25

3.4.2.3	Fluoreto.....	25
3.4.2.4	Sódio e Potássio.....	26
3.4.2.5	Cálcio.....	26
3.4.3	PARÂMETROS BIOLÓGICOS	26
4	A COMPANHIA.....	25
4.1	LABORATÓRIO CENTRAL	25
5	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	26
5.1	CONTROLE DE QUALIDADE.....	27
5.1.1	Processo de Análise	27
5.1.2	Controle de Temperatura	30
5.1.3	Manutenção e Calibração	31
5.1.4	Procedimento Operacional Padrão (POP)	34
5.1.5	Repases e Capacitações	32
5.1.6	Auditorias	34
5.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	35
5.2.1	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	35
5.2.1.1	pH.....	38
5.2.1.2	Cor.....	38

5.2.1.3 Turbidez	39
5.2.2 Completas	37
5.2.2.1 Alumínio.....	39
5.2.2.2 Condutividade	41
5.2.2.3 Ferro	41
5.2.2.4 Fluoreto	43
5.2.2.5 Manganês	44
5.2.2.6 Sódio e Potássio	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Historicamente a relação entre a água e saúde já era conhecida, esta correlação foi confirmado no ano de 1855, em Londres, por John Snow. O médico comprovou a associação da qualidade da água consumida e a incidência de cólera. Desde então, a qualidade da água tornou-se uma questão de saúde pública (FORTES; BARROCAS; KLIGERMAN, 2019).

Diversos fatores podem alterar a qualidade da água, mesmo em situações naturais elas podem sofrer interferências causadas por: escoamento superficial e geração de despejos domésticos ou industriais. O monitoramento deve ser feito para avaliar a longo prazo as tendências da evolução da qualidade hídrica, por meio de análises físicas, químicas e biológicas. Esta avaliação tem importância para saber a disponibilidade quantitativa e qualitativa de água para o uso da população (VIANA et al., 2023).

O saneamento básico é fundamental para a qualidade de vida da população, com destaque para o tratamento e abastecimento de água, uma vez que é essencial para a sobrevivência e o principal meio de transmissão de doenças. Por isso, é uma grande preocupação dos órgãos gestores. Ao longo da história da humanidade, as necessidades de uso da água foram alteradas, e a tecnologia permitiu a definição de padrões de qualidade mais rigorosos, além de determinar os volumes adequados para diversas atividades (DAMKE; PASINI, 2020).

A distribuição da água tem sido um desafio cada vez mais difícil para prestadoras de serviços de saneamento, por conta da alta demanda a qualidade da água dos mananciais e as restrições dos padrões de potabilidade. O comportamento da água bruta (AB) que entra na estação de tratamento pode alterar o consumo de substâncias para o tratamento, o tempo de filtragem e outros fatores dentro do processo de tratamento. Essas circunstâncias exigem cada vez mais tecnologia eficaz e qualificação para o tratamento da água (SOUZA, 2018).

O monitoramento da qualidade da água consiste em um procedimento sistemático de amostragem, medição e registro de diversas características da água, com o objetivo de avaliar sua conformidade com o uso previsto. A avaliação é realizada de forma direta, com a execução de procedimentos analíticos, que visa verificar o atendimento do padrão de potabilidade. Este mecanismo apresenta importância no controle dos processos de tratamento e detecção de algum comprometimento da qualidade da água pré e pós-tratamento (BRASIL, 2016).

A Organização das Nações Unidas (ONU) declara que o acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano essencial, sendo de responsabilidade dos Estados assegurar esse direito a todos os cidadãos. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 6 tem dentro de suas metas o alcance ao acesso universal e equitativo de água potável e segura, desta forma buscando a melhoria da qualidade da água.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo descrever e apresentar as tarefas realizadas durante a execução do estágio supervisionado realizado no Laboratório Central, na Unidade Físico-Química de Água (UFQA), localizada na cidade de Fortaleza. As atividades desenvolvidas tem a finalidade de realizar o monitoramento do controle de qualidade da água fornecida pela Cagece, através das análises: químicas, incluindo medições de substâncias, cloro, alumínio, ferro, sódio, potássio, fluoreto, cálcio, magnésio, nitrato, nitrito, nitrogênio total, amônia e manganês, e análise física, para avaliação das características de cor, turbidez, temperatura, condutividade e pH.

2 OBJETIVO GERAL

O estudo, desenvolvido como estágio obrigatório, tem a finalidade de realizar o monitoramento do controle de qualidade da água fornecida.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os parâmetros físico-químicos da água;
- Acompanhar o controle de qualidade;
- Analisar a importância do controle de qualidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é determinada por suas características físicas, químicas e biológicas, porém, o termo "qualidade" é amplo e depende do uso a que a água se destina. O uso de indicadores de qualidade da água envolve o emprego de variáveis que refletem as mudanças na microbacia, sejam elas de origem antrópica ou natural (PASSOS; MUNIZ; FILHO, 2018).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são fundamentais para a gestão eficiente dos recursos hídricos. Esses procedimentos permitem a caracterização e análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para atividades como planejamento, outorga e enquadramento dos corpos hídricos. A avaliação da qualidade da água abrange o monitoramento, a análise dos dados, a elaboração de relatórios e a disseminação de informações sobre as condições do ambiente aquático (VIANA et al., 2023).

3.1.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Índice de Qualidade da Água (IQA) é o principal indicador qualitativo usado no país. Ele foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento. O indicador que engloba nove parâmetros físicos, químicos e biológicos: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Ele possibilita a análise simultânea de diversos parâmetros considerados essenciais para a avaliação geral da qualidade da água, gerando um único resultado que varia de 0 a 100. Conforme o Quadro 01.

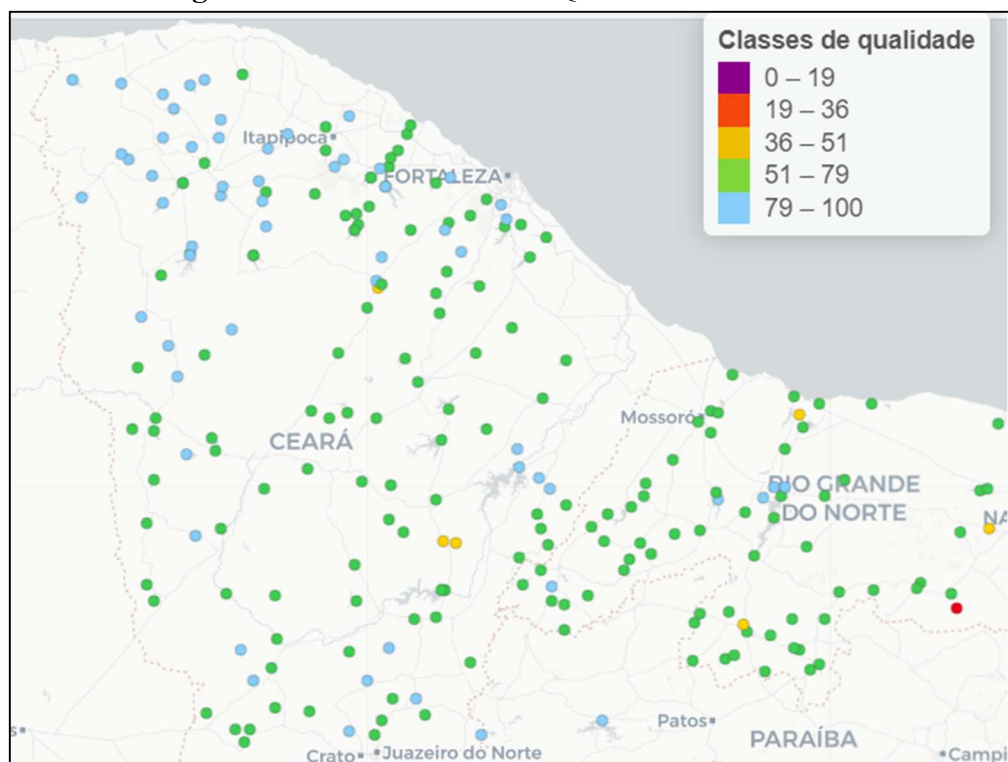
Quadro 1: Indica a faixa de variação da qualidade da água.

Classe de Qualidade	Valores
Péssima	0-19
Ruim	19-36
Regular	36-51
Boa	51-79
Ótima	79-100

Fonte: ANA, 2024.

O valor baixo de IQA indica a má qualidade da água para abastecimento da população, porém, essa mesma água pode ser utilizada para outros fins, como a navegação ou geração de energia. A Figura 1 mostra os pontos de monitoramento realizados no Estado do Ceará, com pelo menos 10 observações por período.

Figura 1: Monitoramento de IQA no Estado do Ceará.



Fonte: ANA, 2020.

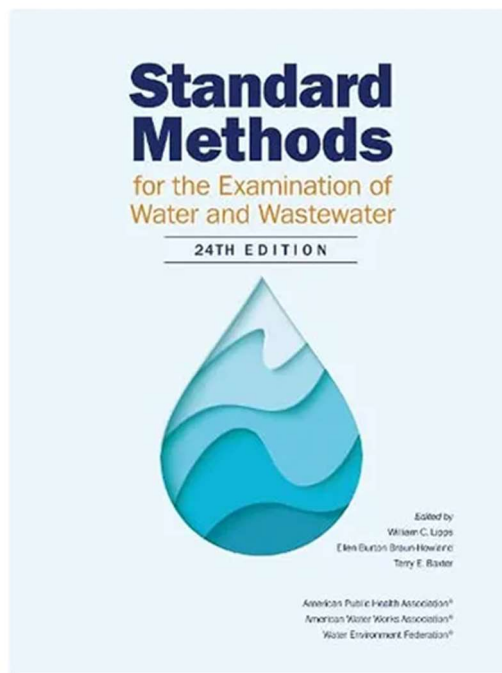
3.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA

No Brasil, as normas de potabilidade seguem, em grande parte, os padrões recomendados pela OMS, descritos no documento *Guidelines for Drinking Water Quality*. O Decreto Federal nº 79.367, de 9 de março de 1977, conferiu ao Ministério da Saúde a competência para elaborar as normas e definir os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano (FORTES; BARROCAS; KLIGERMAN, 2019).

Com a aprovação da Lei nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, a Lei nº 9.984/2000 foi modificada, transformando a ANA em Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, ampliando suas atribuições para incluir a regulação do setor de saneamento. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico passou a emitir normas de referência, que são regras gerais a serem consideradas pelas entidades reguladoras de saneamento básico em níveis infranacionais (municipais, intermunicipais, distrital e estaduais) em suas funções regulatórias. Suas principais normas são: padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico, e redução progressiva e controle de perda de água (ANA, 2020).

A Portaria GM/MS Nº888, de 4 de maio de 2021 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água e sua potabilidade. De acordo com a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº5 de 28 de agosto de 2017, no artigo 22, a metodologia analítica para determinação dos parâmetros está prevista no anexo devem atender às normas nacionais e internacionais mais recente, como o livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Figura 2).

Figura 2: Livro Standard Methods.



Fonte: Imagens Google, 2024.

Os padrões de potabilidade da água definem os critérios que devem ser atendidos para garantir que a água destinada ao consumo humano seja segura e adequada. Segundo o capítulo V da portaria, os valores permitidos para os padrões de potabilidade estão no Quadro 2.

Quadro 2: Padrões de potabilidade.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP (Valores Máximos Permitidos)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia	mg/L	1,2
Cor	uH	15
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sódio	mg/L	200
Turbidez	uT	5

Fonte: Ministério da saúde portaria N°888, (2021).

3.3 ABNT NBR ISO 9001 E ABNT NBR ISO/IEC 17025

As empresas estão cada vez mais adotando as normas da série ISO como parte de sua estratégia de qualidade para documentar, implementar e demonstrar seus Sistemas de Gestão da Qualidade. Isso ocorre porque o mercado está cada vez mais em busca de fornecedores de produtos e serviços confiáveis, que estejam comprometidos com a política de qualidade, a melhoria contínua e satisfação do cliente (MACHADO, 2013).

Machado (2013) diz que certificação da *International Organization for Standardization* (ISO) é um sistema de normas voltado para garantia da qualidade de produtos e serviços. Seu objetivo global é promover a eficiência operacional, aumentar a produtividade e reduzir custos.

Segundo Davi (2021) a gestão da qualidade é um processo contínuo de aprimoramento, que busca melhorar o desempenho das pessoas, dos processos, dos produtos e ambiente de trabalho. A norma ISO 9001 define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade é a única norma da série 9000 que pode ser certificada. Ela pode ser adotada por qualquer organização, independentemente do setor de atuação.

O laboratório que é certificado de acordo com a ISO 9001:2008, ele confirma que realiza suas atividades conforme procedimentos documentados e cumpre os requisitos estabelecidos por essa norma. Por outro lado, um laboratório acreditado ou credenciado segundo a ISO 17025:2005 deve ser procedimentos escritos baseados, sempre que possível, em normas nacionais e/ou internacionais, e deve demonstrar a competência técnica dos responsáveis pelas tarefas realizadas. A ISO 17025:2005 define os critérios para laboratórios que possuem um sistema de gestão da qualidade eficaz e são capazes de gerar resultados tecnicamente válidos (MACHADO, 2013).

A NBR ISO/IEC 17025:2005 especifica os requisitos para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Seu objetivo é garantir a confiabilidade dos resultados. Seus requisitos consistem em gestão da qualidade incluindo documentação dos processos e procedimentos, controle de qualidade com controle das condições de operação e calibração, competência técnica incluindo qualificação dos colaboradores, documentação com registro e relatório detalhado sobre os ensaios e calibrações (MACHADO, 2013).

3.4 PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água é um dos recursos mais valiosos do planeta. Embora a escassez de água potável no mundo seja amplamente conhecida, ainda há pouca atenção aos controles de qualidade necessários para garantir sua potabilidade. Segundo o Portal GOV, estima-se que 97,5% da água disponível no planeta seja salgada e, portanto, inadequada para consumo direto ou irrigação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) está inacessível, concentrada em geleiras; 30% são águas subterrâneas armazenadas em aquíferos; e apenas 1% está presente nos rios (VIANA et al., 2023).

Conforme é estabelecido pelo Ministério da Saúde (MS), os conceitos de potabilidade estão relacionados aos parâmetros visuais, sensoriais e fatores que podem causar danos à saúde. Conforme o anexo XX, são aproximadamente 90 parâmetros de controle e vigilância, sendo eles critérios físicos, químicos e biológicos.

3.4.1 Parâmetros Físicos

3.4.1.1 pH

O termo pH indica a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é extremamente importante, especialmente nos processos de tratamento. Nos laboratórios das estações de tratamento, o pH é medido e ajustado conforme necessário para otimizar os processos de coagulação/floculação e garantir o controle eficaz da desinfecção. O pH varia de 0 a 14, sendo que valores abaixo de 7 indicam uma água ácida, e acima de 7, alcalina. A água com pH igual a 7 é considerada neutra (BRASIL, 2006).

O pH influencia vários processos, sendo os principais a desinfecção por cloro, quando o pH se encontra em níveis extremos o cloro perde a sua capacidade de matar as bactérias, desta forma, a qualidade da água é comprometida. Outro fator é a influência direta do parâmetro na dissolução de metais pesados na água e solubilidade de substâncias químicas que podem ser tóxicas. Além disso, a água com teor alcalino ou teor ácido podem causar, incrustações ou corrosão nas tubulações, respectivamente. Estes acontecimentos causam prejuízo para o abastecimento da água e financeiro para reparar os danos causados (RAMOS; OLIVEIRA; ARAÚJO, 2019).

3.4.1.2 Condutividade

A condutividade elétrica da água reflete sua capacidade de conduzir corrente elétrica, determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração de íons na solução, maior será a ação eletrolítica, e, conseqüentemente, a capacidade de conduzir eletricidade. A condutividade elétrica deve ser expressa em unidades de resistência, como ohm ou Siemens (S) (PORTO, 2018).

3.4.1.3 Cor

A cor da água é resultante de matéria orgânica, como substâncias húmicas e taninos, além de metais como ferro e manganês, e resíduos industriais fortemente coloridos. Nos sistemas públicos de abastecimento, a cor é esteticamente indesejável. A medição da cor é essencial, pois água com coloração elevada pode ser rejeitada pelos consumidores, levando-os a buscar outras fontes de abastecimento, muitas vezes menos seguras (BRASIL, 2006).

3.4.1.4 Turbidez

O parâmetro de turbidez mede a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz, mede a transparência da água de acordo com a presença de matérias sólidas. Possui importância e interpretação diferentes, dependendo do local de coleta da amostra e das características do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano (BRASIL, 2016).

A turbidez após a filtração indica a otimização da etapa de filtração na remoção de partículas, conseqüentemente, na remoção de organismos patogênicos com características idênticas, deste modo, o parâmetro auxilia na otimização das plantas de tratamento com a finalidade de proporcionar proteção a saúde. No pré-desinfecção os valores de turbidez acima de 1,0 uT podem indicar uma alta concentração de partículas em níveis que prejudica a desinfecção. Quando a propriedade apresenta valores acima do permitido na legislação na rede, isso indica a ineficiência do tratamento da água ou comprometimento no sistema de distribuição. A turbidez elevada também causa rejeição da população devido a sua aparência turva (BRASIL, 2016).

3.4.2 Parâmetros Químicos

3.4.2.1 Alumínio

O teste de alumínio é indicado para estações de tratamento onde o sulfato de alumínio é usado como coagulante. A dosagem incorreta desse coagulante é denotada pela quantidade significativa de alumínio que persiste na água tratada (BRASIL, 2016).

O alumínio tem sido frequentemente associado à etiologia ou patogênese da doença de Alzheimer, este parâmetro tem sido objeto de estudo para descobrir os efeitos causados à saúde, pois implica em diversas doenças neurológicas. Em quantidades excessivas pode se tornar um agente tóxico (ROSALINO, 2011).

3.4.2.2 Ferro e Manganês

O aumento da concentração de íons de ferro e manganês na água tem se tornado um problema recorrente. O ferro (Fe^{2+}) e o manganês (Mn^{2+}) formam compostos solúveis, mas ao entrarem em contato com um ambiente oxidante, precipitam-se nas formas Fe^{3+} ou Mn^{4+} , resultando em compostos insolúveis. Esses compostos conferem uma coloração avermelhada à água devido ao ferro e marrom-escura devido ao manganês, além de deixá-la com aspecto turvo (APOLINÁRIO; MEIRELES e SANTANA, 2018).

Conforme relatório da Organização Mundial da Saúde, embora as concentrações usuais não representem risco à saúde humana, níveis de ferro e manganês acima do estabelecido pela portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde em águas de abastecimento podem causar diversos inconvenientes, como alteração no odor e sabor da água, manchas em louças, roupas e vasos sanitários, incrustações no sistema de distribuição, proliferação de bactérias ferruginosas e interferência em processos industriais.

3.4.2.3 Fluoreto

A adição de flúor na água destinada ao consumo humano tem como objetivo a prevenção da cárie dental. Atualmente, esse procedimento é considerado parte rotineira do tratamento da água, sendo o teor adequado de flúor um componente essencial para garantir sua qualidade (BRASIL, 2016).

No Brasil a fluoretação das águas na estação de tratamento é obrigatória desde 1974, em conformidade com a Lei Federal 6.050, esta prática tem sido apoiada pela Conferência de Saúde e de Saúde Bucal, como também pelo Ministério da Saúde. Em concentrações inferiores a 1,5 mg/L, o flúor é benéfico à saúde, ajudando a prevenir cáries dentárias em crianças. No entanto, em níveis superiores, pode causar fluorose dental e deformações ósseas, além de ser altamente tóxico para os vegetais (FRAGÃO; PERES; CURY, 2011).

3.4.2.4 Sódio e Potássio

O sódio em concentrações elevadas é prejudicial às plantas por reduzir a permeabilidade do solo. O potássio no corpo humano, ele regula os batimentos cardíacos, controla os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua deficiência pode causar fadiga, hipoglicemia e insônia, enquanto o excesso pode provocar câimbras, fadiga, paralisia muscular e diarreia. Também é essencial para o crescimento das plantas, sendo frequentemente adicionado ao solo como fertilizante (VIANA et al., 2023).

3.4.2.5 Cálcio (Dureza)

O cálcio no corpo humano tem como sua função manter os ossos saudáveis, além de atuar na coagulação do sangue e controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. A deficiência desse elemento pode causar raquitismo e osteoporose, enquanto o excesso provoca dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, náusea e formação de cálculos renais. É benéfico para a agricultura, sendo essencial para o crescimento das plantas. Contudo, concentrações excessivas na água conferem a ela características de dureza (BRASIL, 2006).

3.4.3 Parâmetros Biológicos

Os principais agentes biológicos identificados em águas contaminadas são bactérias patogênicas, vírus e parasitas. As bactérias patogênicas presentes na água e/ou em alimentos são uma das principais fontes de morbidade, sendo responsáveis por inúmeros casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas, como a febre tifoide, frequentemente com resultados letais. Entre os vírus mais comumente encontrados em águas contaminadas por dejetos humanos estão os causadores da poliomielite e da hepatite infecciosa. O Quadro 3

mostra as principais doenças causadas pela falta de controle de qualidade da água (D’AGUILA et al., 2000).

Quadro 3: Doenças causadas pela má qualidade da água.

Doenças	Agente causador
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria bacilar	<i>Shiggella sp</i>
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Hepatite infecciosa	<i>Vírus da Hepatite tipo A</i>
Gastroenterite	<i>Salmonella, Shiggella e Proteus sp</i>
Diarreia infantil	<i>Tipos enteropatogênicos Escherichia coli</i>
Leptospirose	<i>Leptospirose sp</i>

Fonte: (D’AGUILA et al., 2000).

4 A COMPANHIA

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) foi criada em 1971, ela reflete a importância à gestão dos recursos hídricos e ao saneamento básico no estado do Ceará. A empresa abrange geograficamente 152 municípios, com alcance de 5 milhões de habitantes, contribuindo para a melhoria das condições de vida e para o desenvolvimento socioeconômico da região (CEARÁ, 2024).

No ano de 2005 a CAGECE implementou o sistema de gestão da qualidade – ISO 9001, o Laboratório Central responsável pelo controle de qualidade de água e efluentes está inserido na certificação ISO 9001. Desta forma, deve-se assegurar a satisfação do cliente e a qualidade e continuidade dos produtos ofertados. Em novembro de 2019, a Cagece recebeu acreditação na Norma ISSO/IEC 17025, atestando a credibilidade e a confiabilidade nos resultados laboratoriais, com respaldo em nível internacional (CEARÁ, 2024).

4.1 LABORATÓRIO CENTRAL

A Gerência de Controle de Qualidade do Produto (GECOQ) está localizada no Laboratório Central e é responsável por garantir a qualidade dos produtos e serviços

distribuídos pela companhia. O laboratório Central é composto por 8 unidades, das quais 6 são unidades laboratoriais especializadas. Cada unidade possui uma função específica, dividida conforme o tipo de operação realizada:

- Unidade Administrativa: Responsável pela gestão e planejamento estratégico, assegurando que as operações do laboratório sejam executadas de maneira eficiente e conforme as diretrizes estabelecidas.
- Unidade de Produção de Reagentes e Soluções (UPRS): Responsabilizado pela distribuição dos reagentes necessários para a realização das análises laboratoriais.
- Unidade Físico-Química de Águas Residuais (UFQAR): Responsável pelas análises e controle do esgoto bruto e tratado.
- Unidade Físico-Química de Águas (UFQA): Responsável pelas análises e controle de água bruta e tratada.
- Unidade de Microbiologia (Umicro): Responsável pelas análises microbiológicas do esgoto e água.
- Unidade Hidrobiológica (Uhidro): Realiza análises de cianobactérias presentes na água bruta e em possíveis mananciais.
- Unidade de Inspeção de Amostras (UIAM): Responsáveis pelo monitoramento da quantidade de amostras recebidas e distribuição dessas amostras entre as diferentes unidades do Laboratório Central.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o estágio, as análises físico-químicas das amostras foram realizadas no Laboratório Central, na Unidade Físico-Química de Água (UFQA), localizado em Fortaleza no período de janeiro a junho de 2024. As análises foram feitas seguindo seu respectivo POP (Procedimento Operacional Padrão). O processo de coleta de amostras consistiu inicialmente na homogeneização do frasco, assegurando que todos os componentes presentes na amostra estivessem uniformemente distribuídos, o que é fundamental para a representatividade dos resultados analíticos. Além disso, as análises somente foram realizadas quando a temperatura da amostra estava próxima da temperatura ambiente, uma vez que é condição necessária para garantir a precisão e a reprodutibilidade dos métodos analíticos aplicados.

5.1 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade é um fator bastante importante na gestão da empresa, facilitando a eficiência operacional, conformidade com as regulamentações, a melhoria contínua e a satisfação dos clientes e dos seus fornecedores. O controle de qualidade também auxilia no processo de rastreabilidade de amostras, detecção de erros e tempo de resposta para o ajuste. Todos os procedimentos adotados contribuem para a confiabilidade e qualidade do serviço.

5.1.1 Processo de Análise

O controle de qualidade começa desde a coleta da amostra, assim que elas chegam na unidade de análise físico-química elas passam pela recepção, onde foi realizado a triagem das amostras, documentadas e etiquetadas com data de recebimento. As amostras completas vão para o armazenamento, divididas em água bruta e água tratada. O esquema é mostrado no fluxograma abaixo (Figura 3).

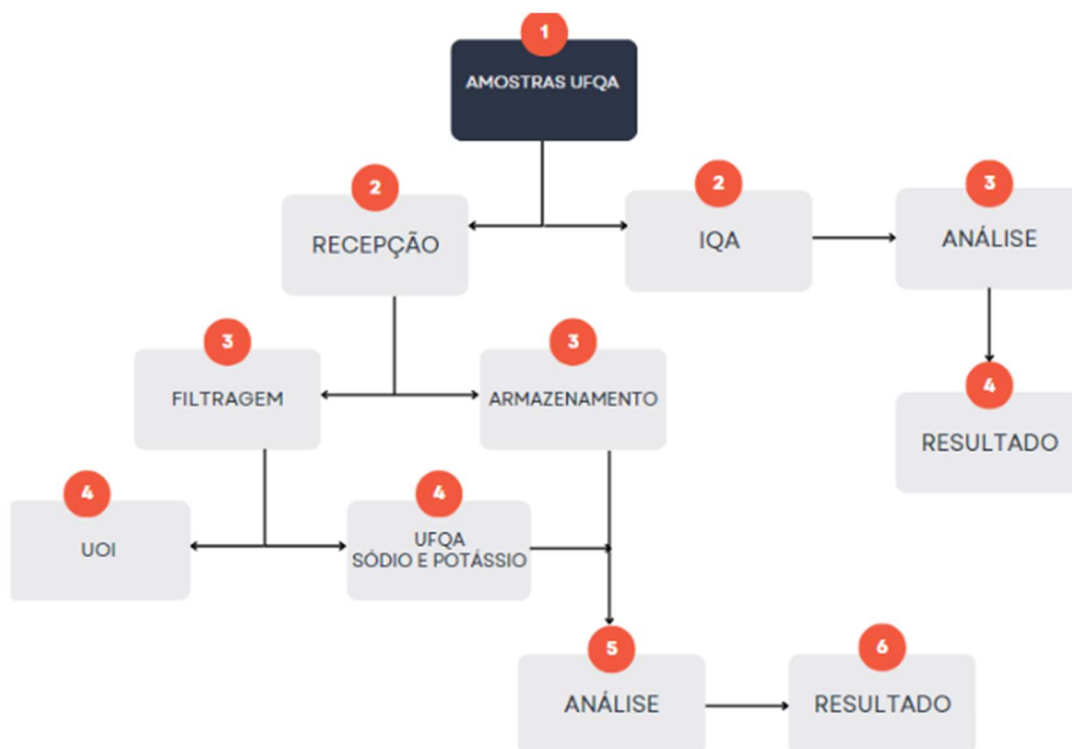
As amostras que foram mandadas para a Unidade de Orgânicos e Inorgânicos precisam ser filtradas imediatamente, pois as análises realizadas levam 48 horas para sair o resultado, devido à alta demanda, as amostras já devem ser enviadas. Para otimizar o tempo e evitar o desperdício de membras de filtração, são filtrados dois frascos de cada amostra, um deles permanece no laboratório para análise de sódio e potássio.

Os frascos de coletas das amostras que serão realizadas a análise de amônia possuem uma tarja vermelha para identificação, pois elas só podem ser abertas no momento da análise, elas são acidificadas, para conservar a amônia presente na amostra.

Todos os parâmetros das análises possuem uma curva de calibração, nos parâmetros de ferro, manganês e alumínio as curvas tem validade de 3 meses ou até o reagente de referência acabar, esse acabando antes da validade, uma nova curva deve ser feita. Fluoreto, amônia e alumínio, as curvas de calibração são feitas sempre que for realizar a análise.

Os valores de manutenção, calibração, curva de calibração, resultados de análises são registrados nos seus respectivos cadernos e formulários. Estes registros também são documentados de forma de digital, seja por pastas no computador do laboratório ou sistema da companhia.

Figura 3: Fluxograma do processo de análise.



Fonte: Autoria, 2024.

5.1.2 Controle de Temperatura

A temperatura ambiente deve ser controlada, a ISO 17025 exige, isto ajuda na garantia da vida útil dos equipamentos. Os equipamentos utilizados precisam estar dentro de uma faixa de temperatura, que em média é 20 °C a 40 °C, que está prescrito do manual deles. Desta forma, para ter o controle, foram colocados um termômetro e um formulário de controle de temperatura ambiente em cada sala. As salas precisavam de duas leituras de temperaturas diárias, sempre anotando os valores máximos e mínimos, com no mínimo 5 horas de diferença de uma leitura para a outra. Em caso de algum fator que cause alterações na temperatura, como manutenção do ar-condicionado, a temperatura deveria ser verificada após 1 hora, sendo necessário relatar por escrito no formulário a causa da alteração.

A ISO 17025 também exige o controle de temperatura das amostras, isto garante que as propriedades das amostras não sejam alteradas e que o resultado da análise seja coerente com a realidade. Alguns reagentes também precisam ser refrigerados, como os padrões da turbidez e reagentes de outras análises, desta forma, o controle de temperatura também é realizado.

Existem 11 refrigeradores no laboratório da UFQA, todos possuem um formulário para anotar as temperaturas máximas, mínimas e do momento. As marcas utilizadas são Biotech, Elber e Consul, os refrigeradores eram divididos em amostras de água tratada (AT), água bruta (AB), amostras para descarte e reagentes. As leituras também aconteciam duas vezes ao dia, com no mínimo 5 horas de diferença entre elas, as geladeiras só poderiam ser abertas após a leitura, em caso de abertura ocorrer antes, esperava-se 1 hora para fazer a medição. Se ocorre algum problema que pudesse alterar o valor como queda de energia, porta aberta ou retirada de amostra, deveria ser escrita do relatório.

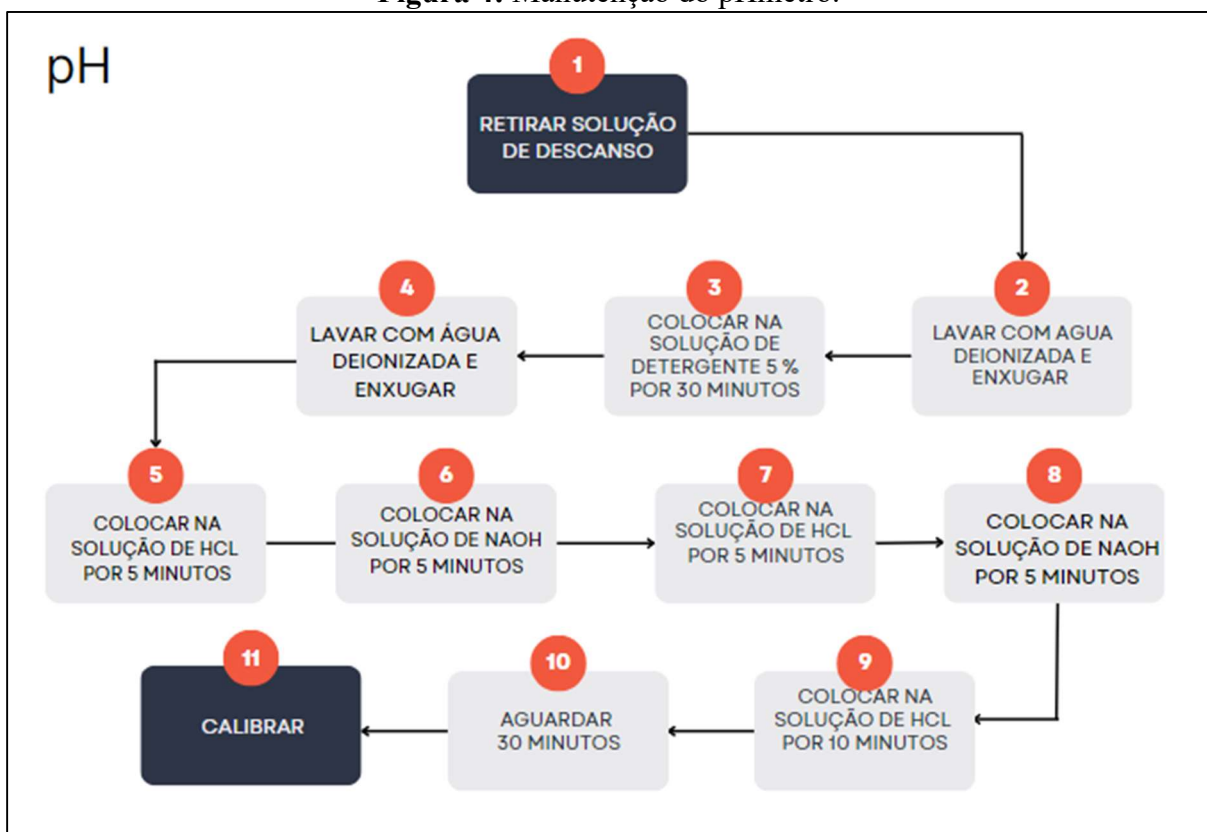
Durante o período do estágio o responsável pelas medições dos refrigerados e da temperatura ambiente era o estagiário com supervisão do analista, após a medição o termômetro precisava ser resetado para não ter interferência na próxima verificação.

5.1.3 Manutenção e Calibração

As normas da ISO 9001 e 17025 requerem que os equipamentos tenham frequência de manutenção e calibração, desta forma, garantindo o bom funcionamento do instrumento e da veracidade dos resultados. Existem 2 tipos de calibrações e manutenções, as internas e as externas. A primeira é feita pelos próprios analistas, já a segunda precisa ser por uma empresa especializada e credenciada para o serviço, realizada 1 vez por ano ou quando apresentar algum defeito.

A manutenção interna ou também chamada de limpeza, acontecia 1 vez por semana para equipamentos com uso diário (pHmetro e condutivímetro). Os instrumentos que não fossem usados com tanta periodicidade deveriam passar por uma manutenção sempre que fossem utilizados (eletrodos de amônia e fluoreto). A Figura 4 mostra o procedimento de manutenção do pHmetro conforme o manual de manutenção do equipamento.

Figura 4: Manutenção do pHmetro.

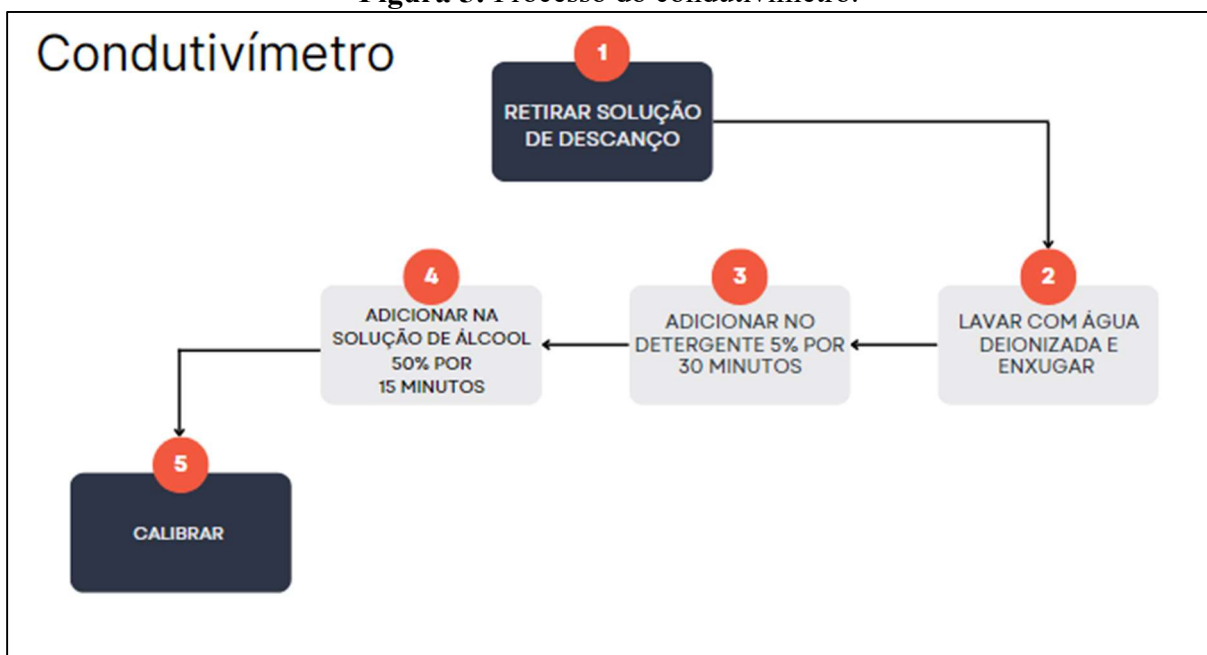


Fonte: Autoria, 2024.

Mensalmente as soluções de descanso e a solução interna do eletrodo foram trocadas, desta forma, zelando pelo equipamento para garantir segurança nos resultados. A troca da solução interna do eletrodo foi realizada com auxílio de uma seringa, retirando toda a solução virando o eletrodo de cabeça para baixo com bastante cuidado, depois foi realizada uma ambientação com a nova solução e posteriormente completada. A cada troca de solução interna foi realizada uma nova manutenção.

O condutivímetro requer uma manutenção com menos etapas, a Figura 5 apresenta o seu processo. A manutenção foi realizada seguindo o manual de manutenção do equipamento. Finalizada a manutenção o equipamento já está em condições para calibração.

Figura 5: Processo do condutivímetro.



Fonte: Autoria, 2024.

As calibrações dos equipamentos são realizadas conforme as instruções do manual, com cada equipamento seguindo seus próprios padrões de calibração, os quais são substituídos mensalmente, respeitando sua validade. Após a calibração, é feita uma verificação utilizando um padrão de lote diferente, para garantir a eficiência do equipamento. Os resultados das calibrações foram registrados nos formulários apropriados.

Todos os instrumentos possuem manual de calibração e manutenção, para registrar os valores. Cada instrumento requer uma faixa de aceitação de calibração. O Quadro 4 mostra os valores permitidos para o pHmetro e condutivímetro. como por exemplo, o pHmetro. Se a variação da faixa de leitura ou padrão de verificação não estiverem dentro da variante permitida, uma nova calibração deve ser realizada.

Quadro 4: Valores permitidos para pHmetro e condutivímetro.

Equipamento	Tipo	Faixa de leitura	Variação da faixa de leitura	Padrão de verificação	Variação do padrão
pHmetro	Slop	Acima de 95%	3%	6,86	6,76 a 6,96
Condutivímetro	K (cm ⁻¹)	Entre 1 e 2	1	1412 $\mu S/cm$	1383,73 a 1440,24

K = constante de condutividade

Fonte: CAGECE, 2024.

5.1.4 Procedimento Operacional Padrão (POP)

Os procedimentos operacionais padrão (POP) são documentos cruciais no ambiente de trabalho, especialmente em setores que exigem rigorosa conformidade com padrões de qualidade e regulamentação. A padronização dos procedimentos garante que as tarefas e processos sejam realizados da mesma forma por diferentes pessoas, independente do turno ou localização. Desta forma, a UFQA é responsável pela atualização dos POP's, que possuem validade de 2 anos. A atualização foi realizada utilizando a nova edição do livro *Standard Methods*.

Os laboratórios regionais utilizam os mesmos procedimentos do laboratório central, dessa forma, mesmo sem acreditação, as análises dos regionais são realizadas com controle de qualidade. Trimestralmente, um técnico do UFQA visitou uma unidade do interior para capacitar as equipes e tirar dúvidas sobre algum procedimento.

Existe um procedimento operacional para cada tipo de parâmetro, curva de calibração, manutenção e calibração de cada equipamento. Desta forma, garantindo a consistência e confiabilidade nos resultados.

5.1.5 Repasses e Capacitações

As creditações nas ISO's solicitam que os processos sejam claros e que os colaboradores estejam capacitados para desempenhar seu papel. Por isso, cada sala passa por uma reunião no início do dia chamada *Stand-up*, ela ocorre de forma rápida para que seja exposto pela equipe o que foi feito no dia anterior e as tarefas que serão executadas no dia. As unidades também fazem a reunião mensal de sala, nela é estipulada as metas para aquele mês, com a divisão das atividades, cada analista recebe uma ficha com os afazeres, como: atualização dos POP's, atualização das curvas de calibração e outras atividades. A GECCOQ como um todo participa de uma reunião mensal (MR), para mostrar o que foi conquistado durante o mês e planejamento estratégico para o mês seguinte.

Existe um programa dentro da empresa que é conhecido como “Conhecendo nossa Cagece”, que tem como finalidade fazer com que todos os colaboradores conheçam um pouco mais sobre os outros setores da empresa. Durante o período de estágio houve a participação de

uma visita a estação de tratamento localizada em Caucaia (ETA Oeste), mostrada na Figura 6, conhecendo sua dimensão, funcionamentos e processos.

Figura 6: ETA Oeste.

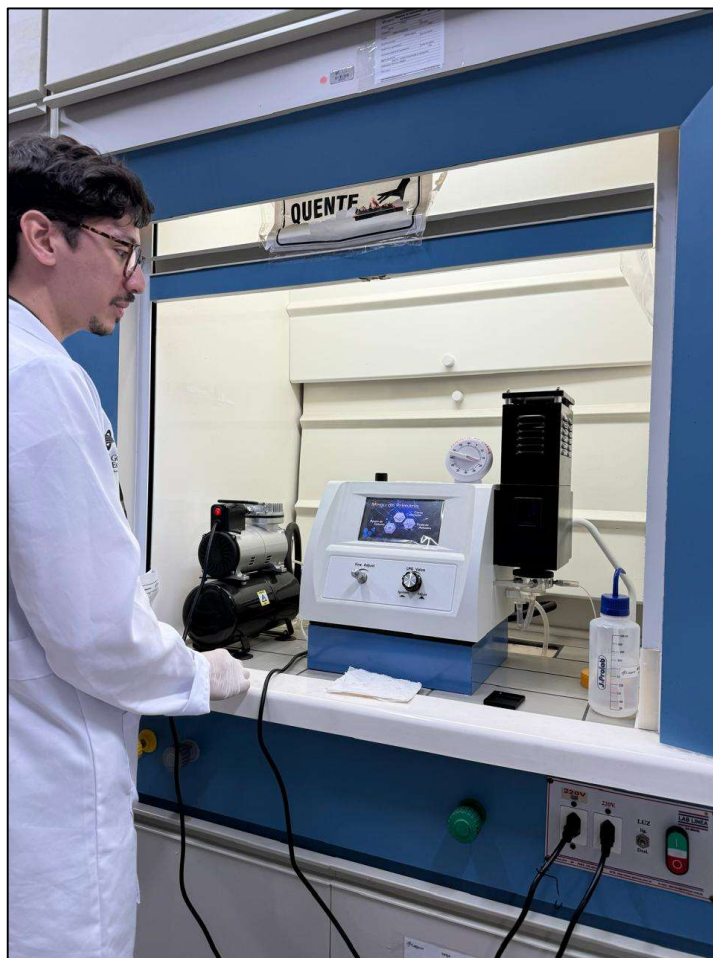


Fonte: Aatoria, 2024.

Outras capacitações ofertadas durante o estágio foram, Armazenamento e Compatibilidades de Reagentes, ensinando a forma correta para guardar os reagentes, quais deles não podem ser colocados próximos, desta forma evitando possíveis acidentes. Capacitação sobre os cuidados com as vidrarias, orientando qual a melhor forma de manuseio, lavagem e cuidados para evitar contaminações e acidentes. Capacitação sobre microbiologia que foi lecionada pela Bióloga Renata Félix.

Quando um novo equipamento é adquirido dentro do laboratório, um dos os analistas precisa de uma capacitação para manuseio, para otimizar as análises de sódio e potássio, um novo fotômetro de chama foi obtido. A capacitação foi dada pelo analista do UFQA Elih (Figura 7).

Figura 7: Capacitação fotômetro de chama.



Fonte: Aatoria, 2024.

5.1.6 Auditorias

O controle de qualidade também requer as auditorias, sejam elas internas ou externas. Elas ajudam na identificação das falhas nos processos e procedimentos, o sistema de melhoria continua auxilia a garantia da qualidade e desta forma, a qualidade do serviço.

O laboratório passou por 2 inspeções internas, a primeira foi o método 5S, ela ocorre anualmente. Este método consiste no conjunto de práticas para manter o ambiente de trabalho limpo e organizado, através da organização e descartes de coisas que não se fazem mais necessárias. Deste modo, melhorando a produtividade do ambiente de trabalho e a qualidade da produção. Durante a aplicação do método 5S, armários e gavetas foram reorganizados e novas etiquetas de identificação foram colocadas. Os equipamentos foram realocados, com novas etiquetas aplicadas, e os equipamentos reservas foram testados para verificar sua

funcionalidade. Além disso, as vidrarias foram inspecionadas para identificar possíveis quebras ou fissuras.

A segunda foi a auditoria interna, que ocorre anualmente, ela consiste em uma avaliação das documentações e inspeção dos procedimentos de análises, com a finalidade de identificar as falhas e não conformidades (NC). Após a identificação das NCs, um processo interno foi aberto para identificar a causa da falha, o planejamento estratégico para acabar ou minimizar a falha e o tempo de execução do plano. Assim, a auditoria auxiliou o método de melhoria continua, para garantir o controle do processo e aperfeiçoamento dos mecanismos de controle de qualidade. Antes da audição foram analisados todos os cadernos dos parâmetros, foi colocado o número de páginas, identificação de analistas que não assinaram a análise e foram adicionados os lotes dos padrões. Os cadernos de manutenção e calibração também foram inspecionados.

O laboratório também passou pelas auditorias externas, quando precisam da renovação das creditações ISO 9001 com periodicidade de 3 anos e ISO 17025 com 2 anos.

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

O processo de coleta de amostras consistiu inicialmente na homogeneização do frasco. Além disso, as análises somente foram realizadas quando a temperatura da amostra estava próxima da temperatura ambiente, uma vez que é condição necessária para garantir a precisão e a reprodutibilidade dos métodos analíticos aplicados. As análises são divididas em dois blocos, o Índice de Qualidade da Água (IQA) com os parâmetros que são realizados diariamente e as amostras completas que são realizadas de acordo com a demanda.

5.2.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é monitorado por meio de coletas diárias que verificam a qualidade da água tratada na distribuição para a rede. As análises devem ser realizadas em até 24 horas após a coleta. Quando as amostras chegam ao UFQA, elas são contadas e transferidas para frascos menores, aguardando até que sua temperatura esteja próxima à ambiente para serem analisadas. No IQA, os principais parâmetros avaliados são cor

e turbidez. No entanto, é necessário medir o pH da amostra para realizar corretamente a análise de cor.

5.2.1.1 pH

A norma exige que, para a análise de cor, o valor de pH esteja entre 5 e 10, sendo esse o primeiro parâmetro medido no IQA. Utilizando o pHmetro modelo Digimed DM-32, após o equipamento ser devidamente calibrado e preparado para uso, o eletrodo é inserido no recipiente com a amostra. Em seguida, aguarda-se alguns segundos até o aparelho estabilizar e exibir o resultado (Figura 8). O número da amostra e o valor do pH são então registrados no caderno de análise de cor, no campo destinado ao pH.

Figura 8: Procedimento análise de pH.



Fonte: Aatoria, 2024.

5.2.1.2 Cor

A análise é realizada com base na comparação visual da amostra com padrões de cor previamente preparados. Os padrões foram colocados em tubos de Nessler, posicionados em um suporte sobre uma plataforma iluminada para facilitar a visualização. A amostra foi transferida para um tubo de Nessler previamente ajustado à temperatura ambiente e colocada entre os padrões para comparação. A tonalidade da amostra que mais se assemelhou ao padrão

foi registrada como o resultado. Após a observação, os valores foram anotados no caderno de cor e posteriormente inseridos no sistema.

5.2.1.3 Turbidez

A análise de turbidez foi realizada no turbidímetro Hach modelo 2100-Q. O equipamento só pode ser manuseado por um técnico com capacitação para a análise feita. Depois da capacitação o técnico passa por um teste, com amostras com valores já determinados, se o técnico conseguir com que os valores analisados coincidam com os valores já determinados, ele está apto a realizar a análise. A análise foi feita adicionando a amostra em uma cubeta de vidro com tampa, previamente ambientada, e posicionada dentro do orifício do turbidímetro, quando o equipamento estabilizou, o valor foi anotado no caderno e repassado para o sistema.

5.2.2 Completas

As amostras completas são realizadas todos os parâmetros físico-químicos, incluindo análises de orgânicos e inorgânicos. Elas são divididas por períodos: mensais são análises das clínicas de hemodiálise e reservatórios, trimestrais são análises da água da rede (após o tratamento) e as semestrais são amostras da rede de distribuição dos regionais (conjunto de cidades do interior, onde uma cidade possui a sede, onde ficam os laboratórios de análises).

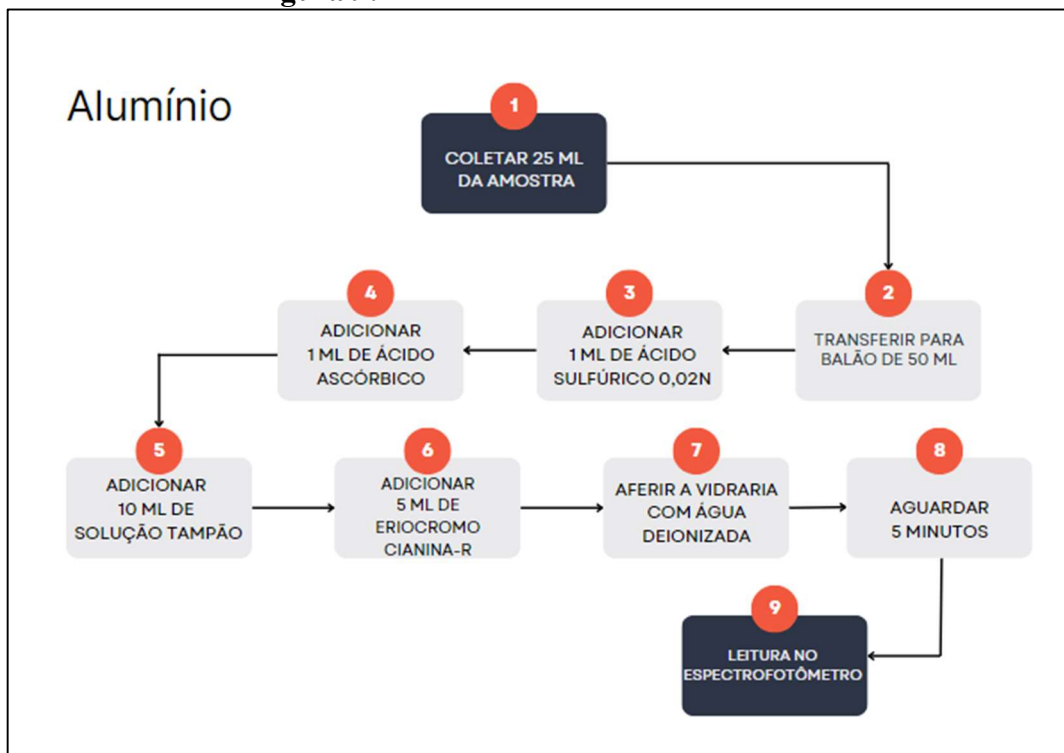
5.2.2.1 Alumínio

A análise de alumínio exige maior atenção devido ao uso do reagente Eriocromo Cianina-R, cuja solução é extremamente sensível. Para evitar que a cianina reaja com outras substâncias, as vidrarias são lavadas em banho ácido. Utilizou-se ácido clorídrico 1:1 em todas as vidrarias necessárias ao procedimento, incluindo aquelas utilizadas para a preparação do reagente e coleta das amostras, dentro de uma capela. Após o banho, foi realizado o enxágue três vezes com água deionizada. A secagem deve ocorrer naturalmente, o que leva, em média, 24 horas.

O fluxograma na Figura 9 mostra as etapas do processo para a determinação do parâmetro. A coleta foi realizada com auxílio de uma proveta de 25 mL e transferida para um

balão volumétrico de 50 mL. A marcha analítica iniciou-se pelo preparo do branco, coletando 25 mL de água deionizada, a amostra segue o mesmo procedimento das outras, porém acrescentou-se 1 mL de EDTA 0,01 M. A amostra de controle de qualidade (CQ) foi preparada a partir de uma solução intermediária com 10 mL da solução de estoque de alumínio. A partir dessa solução, a análise segue os mesmos passos das outras amostras.

Figura 9: Procedimento análise de alumínio.



Fone: Autoria, 2024.

A leitura foi realizada no espectrofotômetro modelo Hach DR3900, ambientando a cubeta no mínimo 2 vezes com a amostra. A primeira leitura foi realizada no branco, para zerar o equipamento, depois foi realizado o CQ, ele serve para garantir a confiabilidade do equipamento, a variação da absorbância pode ser até 0,1. Quando a quantidade de amostras realizadas no dia for alta, a cianina só deve ser adicionada desde que o tempo para leitura não ultrapasse 10 minutos, devido sua volatilidade. Neste caso, é recomendado adicionar a cianina em bateladas de 5 amostras. Após a leitura, os valores obtidos foram anotados no caderno do alumínio, com o número da amostra, resultado da análise, o lote utilizado para o CQ e assinatura do responsável. Se for verificado que o valor do parâmetro deu acima dos valores da curva de

calibração, a amostra deve ser refeita com diluição. Após a documentação, o analista colocou os dados no sistema.

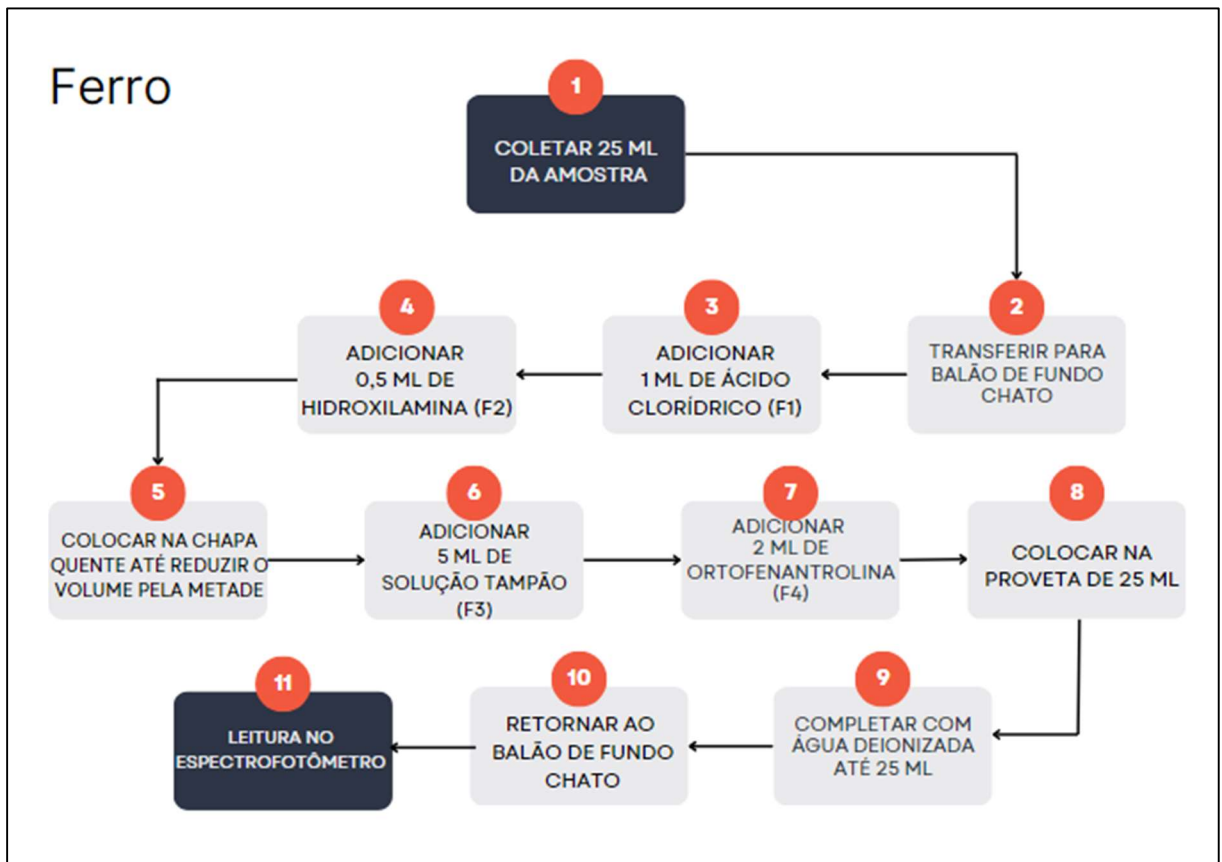
5.2.2.2 Condutividade

O parâmetro de condutividade elétrica foi realizado com o equipamento Digimed modelo DM-32, o eletrodo foi lavado com água deionizada antes de colocar as amostras. Foram colocadas as amostras em recipiente de plástico, a quantidade necessária para deixar o eletrodo parcialmente submerso, após a estabilização do equipamento os valores foram escritos no caderno da condutividade e posteriormente repassado para o sistema. A cada batelada de 20 amostras foi realizado uma duplicata da ultima amostra e foi lido o padrão da condutividade para verificar a eficácia do equipamento.

5.2.2.3 Ferro

As vidrarias usadas para análise de ferro foram balões de fundo chato, com uso exclusivo para esse parâmetro. Iniciou-se com a ambientação das vidrarias com água deionizada. As coletas das amostras foram realizadas com auxílio de uma proveta de 25 mL. O procedimento é mostrado no fluxograma da Figura 10. A amostra branca foi realizada usando o a água deionizada e o branco da própria amostra (cor aparente mais que 15 uH), seguiram os mesmos passos, retirando apenas o F4.

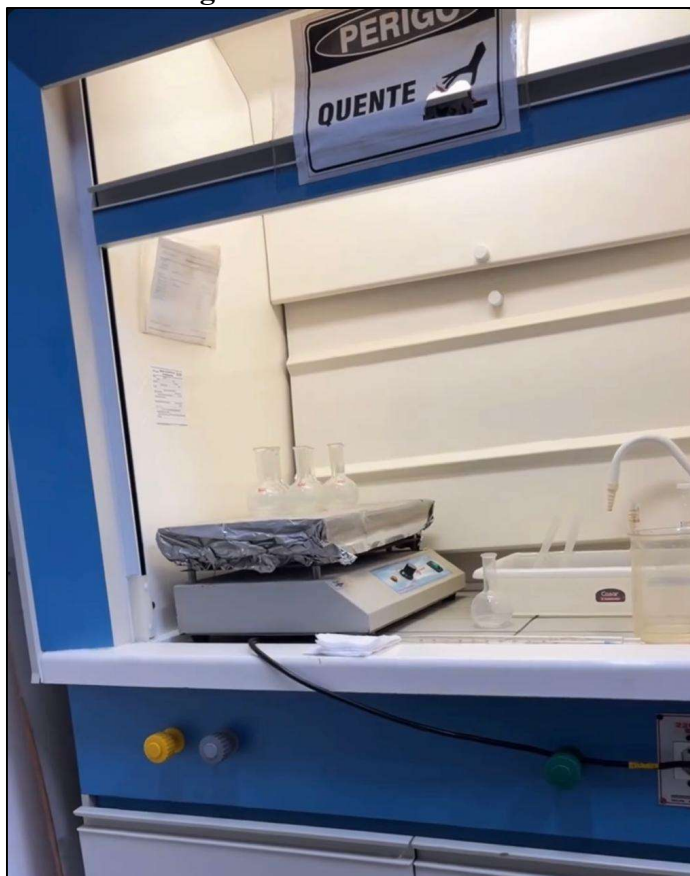
Figura 10: Procedimento análise de ferro.



Fonte: Autoria, 2024.

Os procedimentos após a coleta foram realizados em uma capela, como é exibido na Figura 11. Após aferir o menisco, as amostras já ficaram prontas para a análise. Colocou-se em uma cubeta de quartzo e a leitura foi feita pelo espectrofotômetro modelo Hach DR3900. Os resultados foram anotados no caderno do Ferro e após adicionados ao sistema.

Figura 11: Análise de ferro.



Fonte: Autoria, 2024.

5.2.2.4 Fluoreto

A análise de fluoreto inicia-se com a preparação da curva de calibração, foi preparado uma solução intermediária contendo 10 mL de fluoreto a 100 mg/L. Após isso, isso foi preparado os padrões: 0,2;0,3;0,04;0,5;0,7;1,0 e 2,0 mgF^{-1}/L , através da titulação. A Quadro 5 apresenta os valores referentes a curva alta e baixa, e seus padrões de verificação.

Quadro 5: Curva de calibração Fluoreto.

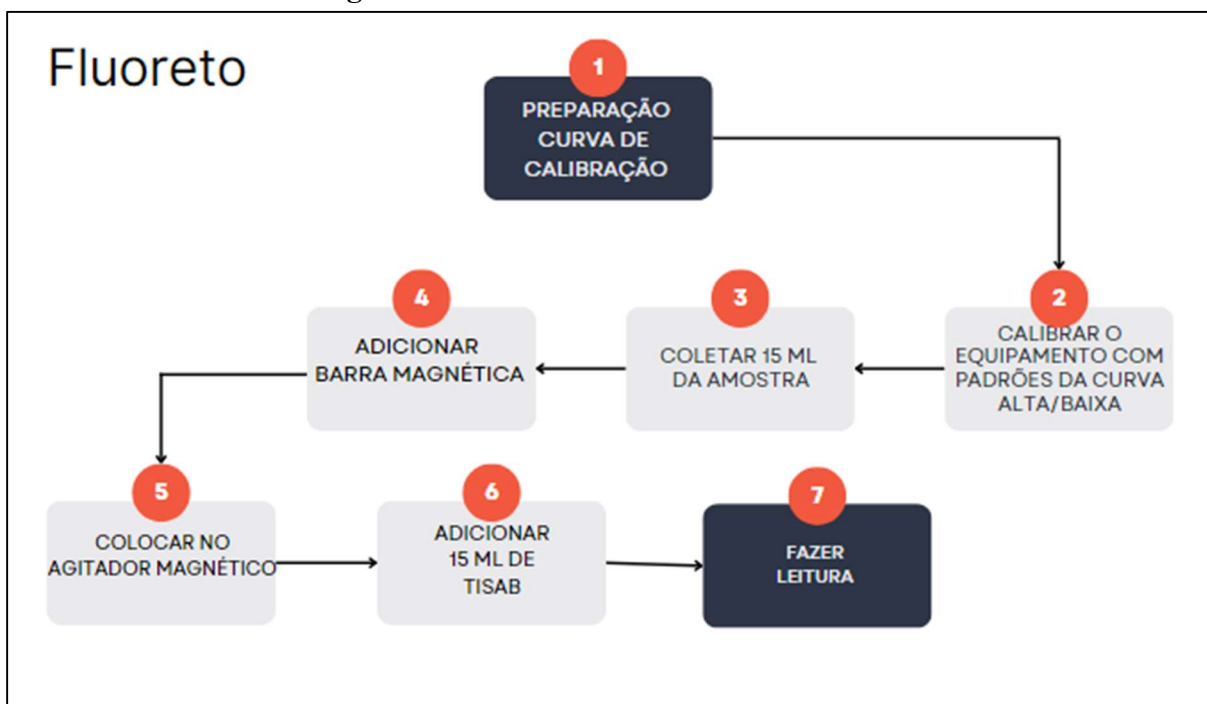
Tipo da Curva	Padrões (mgF^{-1}/L)	Padrão verificação (mgF^{-1}/L)
Baixa	0,2 e 0,4	0,3
Alta	0,5; 1,0 e 2,0	0,7

Fonte: Autoria, 2024.

Após a curva obter o valor acima de 97%, o equipamento está liberado para uso, em casos do slop não ser acima daquele valor, deverá ser refeito os padrões. Os valores do slop de cada curva são anotados no formulário controle do fluoreto, com o valor dos percentuais e

temperatura, anotando também a data e assinatura do responsável. A Figura 12 demonstra o procedimento adotado para realização do parâmetro.

Figura 12: Procedimento análise de fluoreto.



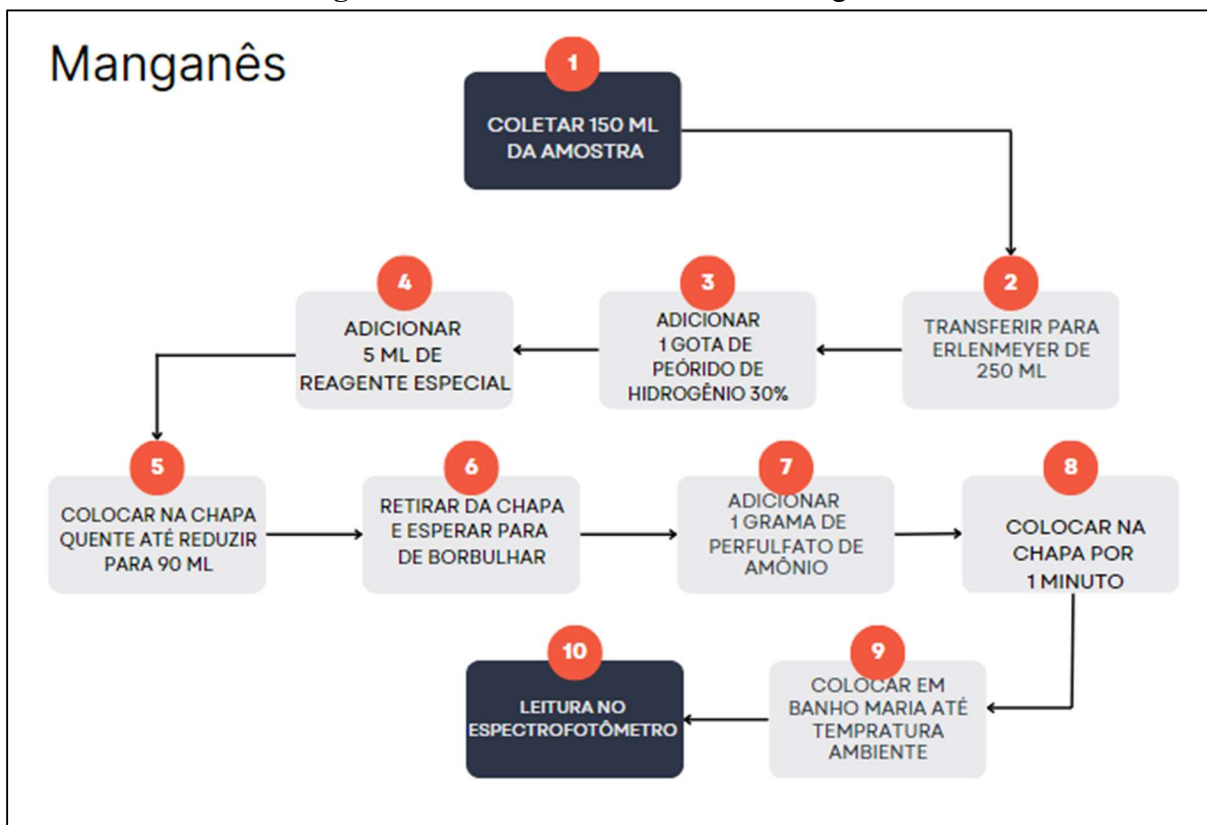
Fonte: Autoria, 2024.

Após a leitura os valores foram anotados no caderno de Fluoreto e depois os resultados foram passados para o sistema.

5.2.2.5 Manganês

O parâmetro manganês iniciou pela separação das amostras e coletado 150 mL de cada, com auxílio de uma proveta e colocado em Erlenmeyer de 250 mL. Para o controle de qualidade, o CQ é feito a partir de uma solução intermediária com solução de estoque de 50 mg Mn/L. Foi coletado 150 mL do CQ e adicionado 5 mL de reagente especial. A Figura 13 demonstra todo o procedimento realizado para análise do parâmetro.

Figura 13: Procedimento análise de manganês.



Fonte: Autoria, 2024.

Após o resfriamento a amostra estava pronta para ser analisada no espectrofotômetro modelo Hach DR3900, a absorbância foi anotada no caderno do manganês e após anotado adicionou-se 1 gota de peróxido de hidrogênio até que a solução fique incolor e possa verificar a absorbância novamente. Os valores foram escritos no caderno de manganês e posteriormente adicionado ao sistema.

5.2.2.6 Sódio e Potássio

Os parâmetros sódio e potássio foram obtidos a partir do fotômetro de chama Digimed modelo DM-62. As amostras foram obrigatoriamente filtradas a vácuo (Figura 14), por uma membrana de 0,45 mm, a filtragem evita que o capilar do fotômetro de chama possa entupir ou que o resultado possa ser alterado por algum interferente.

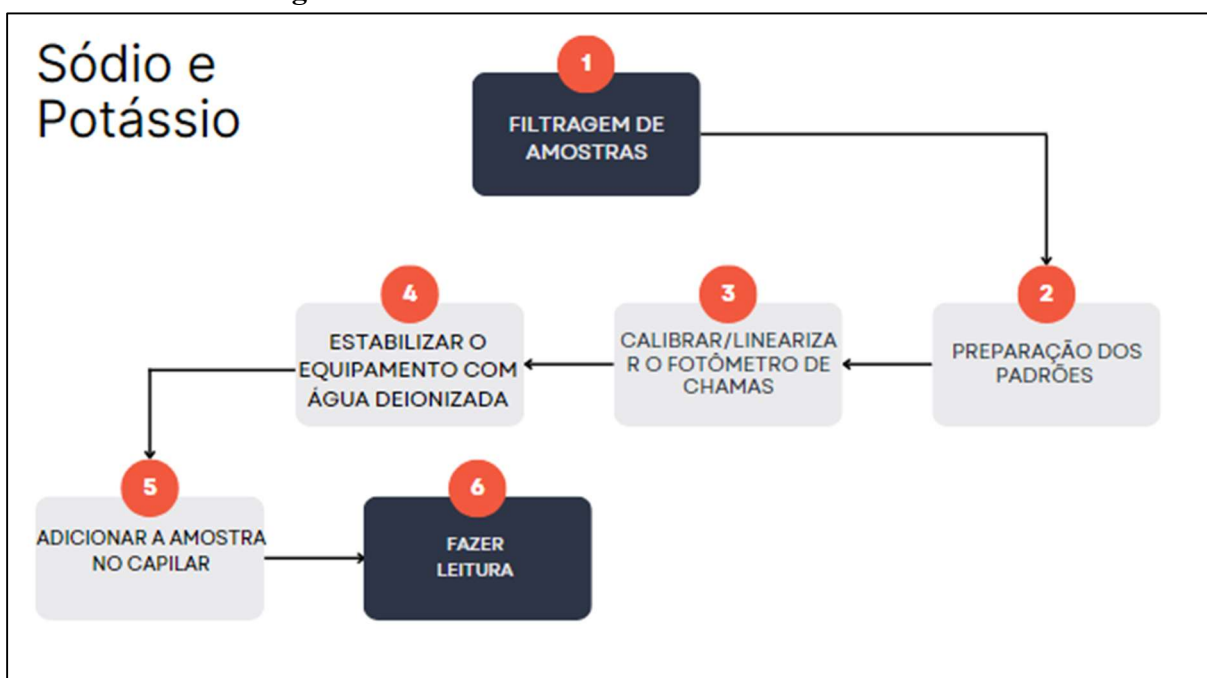
Figura 14: Filtragem.



Fonte: Aatoria, 2024.

Após a filtragem as amostras foram colocadas em frascos de plástico com tampa, quando a amostra não for analisada imediatamente, ela é colocada em um refrigerador, o período refrigerado pode ser até 21 dias. A Figura 15 mostra o procedimento para a análise.

Figura 15: Procedimento análise de Sódio e Potássio.



Fonte: Autoria, 2024.

Depois dos resultados obtidos, eles foram passados para o caderno de sódio e potássio, e, posteriormente, adicionado ao sistema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de monitorar o controle de qualidade da água foi alcançado de forma satisfatória. O controle de qualidade da água é fundamental por várias razões, abrangendo aspectos de saúde pública, ambiental e econômica. Este controle envolve uma série de práticas e análises para o monitoramento e manutenção da água dentro das conformidades dos padrões estabelecidos.

O estágio proporcionou a oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos durante a graduação, possibilitando o aprofundamento das etapas de controle de qualidade como: manutenção e calibrações dos equipamentos, controle da temperatura ambiente, senso crítico sobre a avaliação dos resultados obtidos e responsabilidade sobre o controle das etapas, deste modo, evitando possíveis falhas e assegurando a qualidade do produto, conseqüentemente, a satisfação do cliente. O acompanhamento do controle de qualidade, permitiu o aprofundamento das normas e regulamentações, e ressaltou sua importância para a tomada de decisões nas ações corretivas e preventivas do processo, identificação de melhoria durante o procedimento e controle dos indicadores de qualidade. Ainda sobre o contexto do estágio obrigatório, as metodologias adotadas no UFQA puderam ser relacionadas com as seguintes disciplinas do curso de Engenharia Química: Controle de Qualidade I, Laboratório de Química Analítica, Laboratório de Análises Químicas. A experiência com a equipe da unidade mostrou a importância do trabalho em equipe e foi muito positiva.

Por fim, o acompanhamento dos processos possibilitou identificar algumas lacunas, como a ausência de uma nota introdutória no POP detalhando as soluções necessárias para cada análise, exemplificado pelo uso de ácido ascórbico na análise de alumínio, além de uma orientação para a lavagem de vidrarias em banho ácido na mesma etapa. Também foi observada a necessidade de um sistema mais rigoroso para o descarte de soluções, com separação em bombonas categorizadas, e de uma capacitação inicial de segurança no trabalho para informar sobre os riscos do laboratório e fornecer os equipamentos de proteção adequados. Essas propostas de melhoria visam aprimorar a segurança do ambiente e a proteção dos colaboradores. Com a implementação dessas sugestões, espera-se um impacto positivo na eficiência do processo produtivo da empresa e no controle de qualidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Saneamento Básico no Brasil**. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico>>. Acesso em: 02 out. 2024.

APOLONÁRIO, M.F.; MEIRELES, D.J. SILVA; SANTANA, H.F. **Estudo da remoção de íons ferro e manganês da água utilizando peróxido de hidrogênio como agente oxidante**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química. Minas Gerais, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9001. Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/CB25docorient.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <https://www.exactusmetrologia.com.br/sites/default/files/3-nbr_iso_iec_17025-2017_versao_exclusiva_treinamento.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 17 set. 2019.

CEARÁ, Companhia de Água e Esgoto do. **Nossa História**. 2024. Disponível em <<https://www.cagece.com.br/quem-somos/historia/>>. Acesso em: 15 set. 2024.

D'AGUILA, Paulo *et al.* **Avaliação da qualidade da água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu**. Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental. Rio de Janeiro, 2000.

DAMKE, Taiara; PASINI, Fernando. **A importância da potabilidade da água no saneamento básico para a promoção da saúde pública na Brasil**. Revista Teccen, 2020.

DAVI, Sâmara Gomes. **Impactos com a implantação da certificação da Norma ABNT NBR ISO 9001:2015 em um laboratório de um órgão público.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2021.

FORTES, A.C.C.; BARROCAS, P.R.G.; KLIGERMAN, D.C. **A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso.** Instituto Federal do Piauí. Teresina, 2019.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A.; CURY, Jaime A. **Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto.** Departamento de Prática de Saúde Pública. São Paulo, 2011.

MACHADO, Janaína da Silva; ALMEIDA, Mário de Souza. **Análise do processo de implantação do sistema de gestão da qualidade em um laboratório de ensaios conforme a NBR ISO/IEC 17025:2005 e sua importância na prestação de serviços a órgãos públicos.** Revista Iniciação Científica, 2013. v. 11, n.13.

RAMOS, Adolfo; OLIVEIRA, Vicente; ARAÚJO, Thiago. **Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais.** Instituto Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2019.

PASSOS, Ana Luiza; MUNIZ, Daphne H.F.; FILHO, Eduardo C.O. **Critérios para avaliação da qualidade de água no Brasil: Um questionamento sobre os parâmetros utilizados.** Mestrado em Ciências Ambientais. Brasília, 2018.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano.** Dissertação para grau de Mestre em Engenharia Ambiental da Universidade de Nova Lisboa, 2011.

SOUZA, Guilherme Abreu. **Aplicação de gráficos de controle estatístico de processo para avaliação de desempenho de estações de tratamento de água.** Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018.

TAVARES, Joseina Moutinho; ARAÚJO, Wilson J.S. **Consumo e escassez de água potável em Salvador-Bahia.** *Braz. J. of Develop.* 2020. v. 6, n. 9.

VIANA, Cipriane Maciel. Et al. **Avaliação da qualidade da água através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e do índice de violação: estudo de caso do rio Arroio Grande e da Praia do Pontal – RS.** Revista Ambientale da Universidade Estadual de Alagoas, 2023. Ano 15, Vol. 15.